

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2003 年 11 月 6 日 (06.11.2003)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 03/091774 A1

(51) 国際特許分類⁷: G02B 6/10, 6/20

(21) 国際出願番号: PCT/JP03/05260

(22) 国際出願日: 2003 年 4 月 24 日 (24.04.2003)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願2002-125536 2002 年 4 月 26 日 (26.04.2002) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 科学技術
振興事業団 (JAPAN SCIENCE AND TECHNOLOGY

CORPORATION) [JP/JP]; 〒332-0012 埼玉県 川口市
本町 4 丁目 1 番 8 号 Saitama (JP). 昭和電線電纜株
式会社 (SHOWA ELECTRIC WIRE & CABLE CO.,
LTD.) [JP/JP]; 〒210-0843 神奈川県 川崎市 川崎区小
田栄 2 丁目 1 番 1 号 Kanagawa (JP).

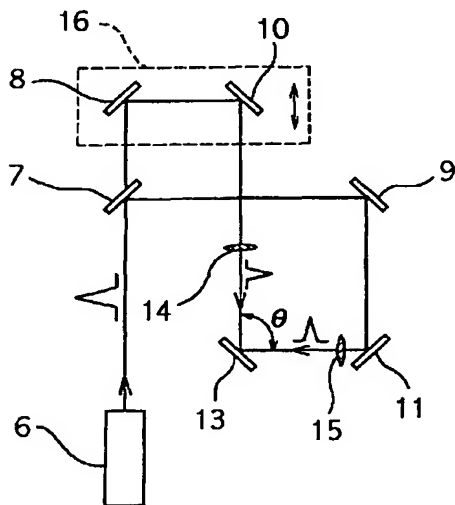
(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 細野 秀雄
(HOSONO, Hideo) [JP/JP]; 〒242-0001 神奈川県 大
和市 下鶴間 2 7 8 6-4-2 1 2 Kanagawa (JP). 平
野 正浩 (HIRANO, Masahiro) [JP/JP]; 〒156-0043 東
京都 世田谷区 松原 5-5-6 Tokyo (JP). 河村 賢一
(KAWAMURA, Kenichi) [JP/JP]; 〒228-0811 神奈川県
相模原市 東林間 3-8-2 Kanagawa (JP). 大登 正敬
(OTO, Masanori) [JP/JP]; 〒210-0843 神奈川県 川崎市

[続葉有]

(54) Title: FIBER GRATING AND METHOD FOR MAKING THE SAME

(54) 発明の名称: ファイバグレーティングおよびファイバグレーティングの作製方法



(57) Abstract: A femto second laser or a pico second laser outputted from a light source (6) is split by a beam splitter (7) into two beams which interfere each other in the vicinity of the core of an optical fiber conductor (13). Optical intensity distribution of interference fringes causes variation in the refractive index of glass and grating is written in the core (1).

(57) 要約:

光源 (6) から出力するフェムト秒レーザまたはピコ秒レーザは、ビームスプリッタ (7) により 2 つのビームに分割され、光ファイバ心線 (13) のコア付近で干渉し、このときにおける干渉縞の光強度分布によりガラス屈折率に変化が生じ、これにより、コア (1) にグレーティングが書き込まれる。

WO 03/091774 A1



川崎区小田栄 2 丁目 1 番 1 号 昭和電線電纜株式会
社内 Kanagawa (JP).

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC,
NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

(74) 代理人: 守谷 一雄 (MORIYA, Kazuo); 〒103-0023 東
京都 中央区 日本橋本町 3 丁目 1 番 1 3 号 ロッツ和
興ビル 守谷内外特許事務所 Tokyo (JP).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

(81) 指定国 (国内): JP, US.

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される
各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語
のガイダンスノート」を参照。

明細書

ファイバグレーティングおよびファイバグレーティングの作製方法

技術分野

- 5 本発明は、ファイバグレーティングおよびファイバグレーティングの作製方法に係わり、特にゲルマニウムなどの感光性不純物を含有しないシリカガラスから成るコアにグレーティングが書き込まれたファイバグレーティングおよびファイバグレーティングの作製方法に関する。

10 背景技術

ファイバグレーティングは、光の照射により光ファイバのコア内に周期的屈折率変化を起させて回折格子（以下「グレーティング」という。）を作製したものであり、特定の波長（B r a g g 波長）の光信号のみを反射する機能を備えていることから、光デバイス若しくは光フィルタとして多用されている。

- 15 従来、このようなグレーティングの書き込み対象となる光ファイバとしては、所定量のゲルマニウムを含有するシリカガラスから成るコアの外周にシリカガラスから成るクラッドを設けて成るものが知られている。

- しかしながら、ゲルマニウムを含有するシリカガラスをコアとする光ファイバにおいては、波長領域が200nm以下のいわゆる真空紫外光および波長領域が
20 200～300nmのいわゆる深紫外光を伝播させることが困難であり、また真空紫外光および深紫外光の透過による劣化が著しく、使用に耐え得ることができないという難点があった。

このため、ゲルマニウムを含有しないシリカガラスから成るコアにグレーティングを書き込んで成るファイバグレーティングの開発が望まれている。

- 25 ところで、このような構成のファイバグレーティングの作製方法としては、光ファイバ上に格子状の位相マスクを配設し、この位相マスクの上から光を照射することにより、コア内に周期的屈折率変化を起させる、いわゆるフォトマスク法が知られている。

しかしながら、このようなファイバグレーティングの作製方法においては次のよう

な難点があった。

第1に、ファイバグレーティングは、光ファイバの材料であるゲルマニウムを含有するシリカガラスに紫外線を照射することにより屈折率が変化するという材料特性に依存していることから、ゲルマニウムを含有しないシリカガラスから成るコアに紫外線5 線を照射しても屈折率が変化せず、このため、ゲルマニウムを含有しないシリカガラスから成るコアにグレーティングを作製することができないという難点があった。

第2に、書き込みに使用する光源として、光ファイバの保護被覆層を透過しない紫外光（波長：250nm程度）を使用しているため、光ファイバ心線から保護被覆層を除去した状態でグレーティングの書き込みを行なわなければならないこと10 ティングの書き込み後に保護被覆層を再度被覆（リコート）しなければならないことから、手間がかかる上、リコートした部分の強度が劣化するなどの難点があった。

第3に、グレーティングの周期は、位相マスクのマスクピッチで決定されるため、グレーティングの周期を変えることが困難であるという難点があった。

第4に、上記の第1の理由により、紫外域に高い透過率を有する光ファイバにグレー15 ティングを書き込むことができず、このため、紫外光用のファイバグレーティングを製造することができないという難点があった。

一方、ゲルマニウムを含有しないシリカガラスから成るコアにフェムト秒レーザを照射することによりグレーティングを書き込む方法も案出されているが、単にフェムト秒レーザを照射する方法においては、グレーティングの周期が30μm程度のファ20 イバグレーティングしか製造できず、このため、このままでは紫外・可視・近赤外の領域では実用に供し得ないという難点があった。

本発明は、上述の難点を解決するためになされたもので、ゲルマニウムを含有しないシリカガラスから成るコアに対してグレーティングを書き込むことができ、また、光ファイバ心線の保護被覆層を除去しなくてもグレーティングを書き込むことができ25 るファイバグレーティングおよびファイバグレーティングの作製方法を提供することを目的としている。

発明の開示

上記の目的を達成するため、本発明のファイバグレーティングは、ゲルマニウム

を含有しないシリカガラスから成るコアの外周にクラッドを備え、コアには、フェムト秒レーザまたはピコ秒レーザの照射によりグレーティングが書き込まれているものである。

5 また、本発明のファイバグレーティングにおけるコアは、100～1000ppmのフッ素が含有されているシリカガラスで形成されているものである。

さらに、本発明のファイバグレーティングにおけるクラッドは、1000～7000ppmのフッ素が含有されているシリカガラス、または2000～10000ppmのホウ素が含有されているシリカガラスで形成されているものである。

10 また、本発明のファイバグレーティングにおけるクラッドは、紫外線透過樹脂で形成されているものである。

さらに、本発明のファイバグレーティングにおけるクラッドは、光軸に平行な複数の中空孔を備えるものである。

また、本発明のファイバグレーティングは、クラッドの外周に保護被覆層を備えるものである。

15 これらの本発明のファイバグレーティングによれば、ゲルマニウムを含有しないシリカガラスから成るコア、例えば純石英ガラス、フッ素ドープシリカガラス、ホウ素ドープシリカガラス、リンドープシリカガラスをコアとする光ファイバに対してグレーティングを書き込むことが可能になり、従来、不可能とされていた、ゲルマニウムを含有しないシリカガラスをコアとするファイバグレーティングを提供することが
20 でき、ひいては紫外光用のファイバグレーティングを提供することができる。また、光学系の調整によりグレーティングの周期を容易に変えることができることから、屈折率の周期が100nm～1μm程度のいわゆる長周期のファイバグレーティングを提供することができる。

本発明のファイバグレーティングの作製方法は、ゲルマニウムを含有しないシリ
25 カガラスから成るコアの外周にクラッドを備える光ファイバに対し、コヒーレントな2つのフェムト秒レーザまたはピコ秒レーザを干渉させて生じた干渉光を照射することにより、コアにグレーティングを書き込むように構成されている。

また、本発明のファイバグレーティングの作製方法における光ファイバのクラッドの外表面には平坦部が設けられ、この平坦部に干渉光が照射されるように構成さ

れている。

さらに、本発明のファイバグレーティングの作製方法における光ファイバのクラッドの外周には保護被覆層が設けられ、この保護被覆層の外側から干渉光が照射されるように構成されている。

- 5 これらの本発明のファイバグレーティングの作製方法によれば、1パルスのフェムト秒レーザまたはピコ秒レーザの照射によりグレーティングの書き込みができることから、光ファイバの紡糸中にオンラインでグレーティングの書き込みを行なうことができ、また、書き込みに使用する光源として、保護被覆層に対して透過率の高いフェムト秒レーザまたはピコ秒レーザを使用していることから、光ファイバ心線の保護被覆層を除去することなくグレーティングの書き込みを行なうことができ、ひいてはリコートが不要で、強度劣化を生じないファイバグレーティングを提供することができる。
- 10

図面の簡単な説明

- 15 図1は、本発明のファイバグレーティングの横断面図である。図2は、本発明のファイバグレーティングの他の実施例を示す横断面図である。図3は、本発明のファイバグレーティングの他の実施例を示す横断面図である。図4は、本発明におけるファイバグレーティングの特性を示す説明図である。図5は、本発明におけるファイバグレーティングの特性を示す説明図である。図6は、本発明のファイバグレーティングの作製系の構成図である。図7は、本発明のファイバグレーティングの作製方法により作製したファイバグレーティングの透過特性図である。図8は、本発明における光ファイバの他の実施例を示す斜視図である。図9は、平坦部を備える光ファイバと通常の光ファイバの透過特性図である。
- 20

25 発明を実施するための最良の形態

以下、本発明のファイバグレーティングおよびファイバグレーティングの作製方法の好ましい実施の形態例について、図面を参照して説明する。

図1は、本発明のファイバグレーティングの横断面図、図2および図3は、本発明のファイバグレーティングの他の実施例に係る横断面図を示している。なお、図2

および図 3 において、図 1 と共通する部分には同一の符号が付されている。

図 1 において、本発明のファイバグレーティングは、後述の方法によりグレーティングが書き込まれたコア 1 の外周にクラッド 2 が設けられた光ファイバ 3 と、光ファイバ 3 の外周に設けられた保護層 4 と、必要により保護層 4 の外周に設けられた外部保護層 5 とを備えている。

コア 1 は、100～1000 ppm のフッ素が含有されたシリカガラスから構成されている。かかるフッ素は、従来、屈折率を低減させるものとしてクラッドにドーピングされていたものであるが、本発明においては、コア 1 を形成するシリカガラスに所定量のフッ素を含有させることにより、光ファイバ中を伝送する紫外光の透過率を高くすることができる。ここで、フッ素のシリカガラスに対する含有量を 100 ppm 以上としたのは、100 ppm 未満では、光ファイバ中を伝送する紫外光の透過率が低減し、また、1000 ppm 以下としたのは、後述するクラッドに含有するフッ素の含有量を考慮したものである。また、フッ素の含有量が 100～1000 ppm であるシリカガラスとしては、紫外光照射に起因する光ファイバの劣化を防止する観点から、OH 基を 4～7 ppm の範囲で含有させることが好ましい。ここで、OH 基の範囲を 4～7 ppm としたのは、4 ppm 未満であると、光ファイバ中を伝送する紫外光の透過率の低減を防止することができず、また、7 ppm を超えると、透過率の低減が生じることになるからである。

クラッド 2 は、1000～7000 ppm のフッ素が含有されているシリカガラス、または 2000～10000 ppm のホウ素が含有されているシリカガラスから構成されている。このように所定量のフッ素またはホウ素をシリカガラスに含有させることにより、光ファイバ中を伝送する光の透過率の低下を防止することができる。ここで、フッ素のシリカガラスに対する含有量を 1000 ppm 以上としたのは、コア 1 に含有するフッ素の含有量を考慮したものであり、また 7000 ppm 以下としたのは、フッ素のシリカガラスに対する飽和量を考慮したものである。また、ホウ素のシリカガラスに対する含有量を 2000～10000 ppm としたのは、2000 ppm 未満であると、コア 1 の屈折率との関係から、光ファイバ中を伝送する光の透過率の低下を防止することが困難となり、

また10000ppm以下としたのは、ホウ素のシリカガラスに対する飽和量を考慮したものである。

ここで、前述の実施例においては、コア1の外周に、所定量のフッ素またはホウ素を含有するシリカガラスから成るクラッド2を設けているが、このクラッド2に代えて、図2に示すように、コア1の外周に紫外線透過樹脂から成るクラッド2aを形成してもよい。かかる紫外線透過樹脂としては、フッ素系樹脂が好ましく、また光透過性の観点からは、非結晶性フッ素樹脂が好ましい。結晶性を有するフッ素樹脂は、光散乱により透過率が低下するため、クラッド2aとして用いる場合には、フッ素系樹脂の結晶化度は30%以下であることが好ましい。なお、非結晶性フッ素樹脂の場合は、結晶化度を20%以下にすることが好ましい。このようなフッ素樹脂としては、特に主鎖に脂肪族環構造を有するフッ素ポリマー、例えば、アモルファスパーフロロ樹脂（商品名：サイトップ（旭硝子（株）社製））が好適に使用される。

また、図3に示すように、クラッド2に代えて、コア1の外周に、多数の中空孔Hを有するクラッド2bを形成してもよい。かかる中空孔Hは、光ファイバの光軸と平行に形成されおり、その全断面積は光ファイバの断面積に対して10～60%程度となるように設けられている。なお、多数の中空孔Hはコア1に対して均一に配置されるように設けられている。

この実施例においては、中空孔H内の空気存在により、コア1の屈折率に対して、光の伝送を最適となるように屈折率を低くすることができる。

保護層4は、コア1およびクラッド2、2a、2bを機械的に保護すると共に環境から保護するために設けられる。保護層4としては、シリコン樹脂、ポリイミド樹脂、ウレタン系樹脂およびアクリレート系樹脂等が使用される。なお、保護層4の外周には、必要により光ファイバの強度を高めるために、さらに外部保護層5を設けてもよい。外部保護層5は、ナイロン樹脂等を溶融し、ダイスから光ファイバの外周に押し出し、冷却して形成することができる。

このような構成の光ファイバとしては、その口径は、150 μ mのコア1に対して200 μ mのクラッド2、2a、2bを有し、また、800 μ mのコア1に対して1000 μ mのクラッド2、2a、2bを有している。一方、保護層4は、100～2

50 μm の厚さで設けられ、外部保護層5は、400～600 μm の厚さで設けられる。ここで、保護層4の厚さが100 μm 未満となると、コア1およびクラッド2、2a、2bを十分に保護することができず、また、外部保護層5の厚さが400 μm 未満となると、十分な強度が得られないからである。

【実施例】

コア1としてフッ素含有量が100～200 ppm、OH基含有量が4～7 ppmのフッ素ドープシリカガラス（商品名：AQX、旭硝子社製）を用い、フッ素含有量が2000 ppmのシリカガラスのクラッド2を形成した。コア径は600 μm 、クラッド径は750 μm に形成した。水素処理を行った後、ArFエキシマレーザーを用いて、紫外光を照射した前後における、紫外光伝送用光ファイバ1mを透過する各波長の紫外光の透過率を測定した。

図4はその測定結果を示している。同図より、紫外光照射前の透過率T1と紫外光照射後の透過率T2は、殆ど同等であり、光ファイバの透過率は、紫外光を照射しても殆ど劣化していないことが理解できる。

また、水素処理を行わず、ArFエキシマレーザーを用いて、紫外光を照射した前後における、紫外光伝送用光ファイバ1mを透過する各波長の紫外光の透過率を測定した。図5はその測定結果を示している。同図より、紫外光照射前の透過率T3が、紫外光照射後の透過率T4のように低下していることから、水素処理を施すことにより、紫外線照射による劣化を防止し得ることが理解できる。

なお、上記のArFエキシマレーザーによる照射条件は、光密度20 mJ / cm² の / pulse、繰り返し周波数20 Hz、パルス数6000 pulseであり、透過率は反復照射した前後の、紫外光伝送用光ファイバ1mを透過する各波長の紫外光の透過率を測定した。

以上の結果より、本発明の光ファイバは、紫外光の透過率を高めることができ、また、紫外光照射による透過率の低減を改善することができ、劣化の影響を減少させることができる。特に、水素処理を行ったものは、紫外光照射による透過率の低減が見られず、その特性が著しく改善されていることがわかった。

従って、このような構成のファイバグレーティングを使用すれば、深紫外光および真空紫外光を高透過率で伝播させることができ、また、深紫外光および真空

紫外光の照射による劣化を防止することができ、ひいては長期にわたって安定したファイバグレーティングを提供することができる。

なお、このような構成のファイバグレーティングは、深紫外光および真空紫外光を使用するエキシマレーザーを用いた露光装置、エキシマランプを用いた表面洗淨装置にも好適に適用することができる。

次に、本発明のファイバグレーティングの作製方法について説明する。

図6は、本発明のファイバグレーティングの作製系の構成図を示している。

同図において、符号6はフェムト秒レーザから成る光源を示しており、このフェムト秒レーザの進行方向には光路に沿って、それぞれ45度に傾斜したビームスプリッタ7と第1の反射ミラー8が離間して配置され、また、ビームスプリッタ7および第1の反射ミラー8によるフェムト秒レーザの反射方向には、それぞれ45度に傾斜した第2、第3の反射ミラー9、10が対向して配置され、さらに、第2の反射ミラー9によるフェムト秒レーザの反射方向には、45度に傾斜した第4の反射ミラー11が対向して配置されている。また、第3、第4の反射ミラー10、11によるフェムト秒レーザの反射方向の交点部分、すなわち干渉光の照射領域には書き込みの対称となる光ファイバ心線13が45度に傾斜して配置され、この光ファイバ心線13と第3、第4の反射ミラー10、11の光路間にはそれぞれ第1、第2のレンズ14、15が配置されている。なお、符号16は、すなわち、第1、第3の反射ミラー8、10が離間して配置される部分は、光遅延領域を示している。

ここで、書き込み用の光源6として、波長が800nm、パルス幅が100フェムト秒のモードロックチタンサファイアフェムト秒レーザが用いられ、また、フェムト秒レーザの集光照射領域には、書き込みの対象となる光ファイバ心線13が保護層4（図1参照）および（または）外部保護層5（図1参照）（以下「保護被覆層9」という。）を除去せずに配置される。

このようなファイバグレーティングの作製系においては、光源6から出力するフェムト秒レーザは、ビームスプリッタ7により90度に反射される第1のビームと、ビームスプリッタ7により切り出されて直進する第2のビームに分けられる。そして、第1のビームは、第2の反射ミラー9により90度に反射され、さらに、第4の反射ミラー11により90度に反射され、第2のレンズ15により集光されて書き込み対

象である光ファイバ心線 13 に照射される。また、第 2 のビームは、第 1 の反射ミラー 8 により 90 度に反射され、さらに、第 2 の反射ミラー 10 により 90 度に反射され、第 1 のレンズ 14 により集光されて書き込み対象である光ファイバ心線 13 に照射される。

- 5 以上のように、光源 6 から出力するフェムト秒レーザは、ビームスプリッタ 7 により 2 分割され、光ファイバ心線 13 のコア付近で干渉し、このときにおける干渉縞の光強度分布によりガラス屈折率に変化が生じ、これにより、コア 1 (図 1 参照) にグレーティングが書き込まれる。

- 10 ここで、第 1 ～第 4 の反射ミラー 8 ～11 として、角度を調整することができる可動型の反射ミラーを使用することが望ましい。可動型の反射ミラーを使用した場合には、第 1 ～第 4 の反射ミラー 8 ～11 の角度を調整することにより、光ファイバ心線 13 に対する第 1、第 2 のビームの照射角度を変えることができ、ひいては、グレーティングの周期をかえることができる。

- 15 図 7 は、本発明におけるフェムト秒レーザの集光照射により作製したファイバグレーティングの透過特性を示している。

同図から、1640 nm 付近にもつ損失ピークを確認することができる。

- 20 図 8 は、光ファイバの他の実施例を示している。この実施例においては、コア 20 の外周に、その上下部に平坦部 22a、22b を有するクラッド 21 が設けられており、このクラッド 21 の上部の平坦部 22a に第 1、第 2 のビームが照射されるように構成されている。

この実施例においては、クラッド 21 に平坦部 22a、22b を備えていることから、通常の丸型の光ファイバよりもフェムト秒レーザの干渉の効果を高めることができる。

- 25 図 9 は、それぞれグレーティングを書き込んで成る平坦部を備える光ファイバと通常の光ファイバ (丸型) の透過特性を示している。

同図より、波長が 1570 nm 付近における透過率が、平坦部を備える光ファイバの方が通常の光ファイバよりも 5 dB 程度遮断特性が向上していることが分かる。

以上のように、本発明のファイバグレーティングの作製方法によれば、フェムト秒レーザのいわゆる 2 光波干渉を利用することにより、光ファイバのコアにグレーティ

ングを書き込むことができる。また、1パルスのフェムト秒レーザの照射により、100フェムト秒程度でグレーティングの書き込みができることから、従来のグレーティングの書き込みに要する時間（30分程度）を大幅に短縮することができる。また、2光波の干渉角度を変えることによりグレーティングの周期を変えることができることから、長周期のファイバグレーティングを提供することができ、さらに、書き込み
5 に使用する光源として、保護被覆層に対して透過率の高いフェムト秒レーザを使用していることから、光ファイバ心線の保護被覆層を除去することなくグレーティングの書き込みを行なうことができ、ひいてはリコートが不要で、強度劣化を生じないファイバグレーティングを提供することができる。また、グレーティングの書き込みに要
10 する時間が短く、また保護被覆層の外側からフェムト秒レーザを照射することができることから、光ファイバの紡糸中にオンラインでグレーティングの書き込みを行なうことができる。

なお、前述の実施例においては、フェムト秒レーザの照射によりコアにグレーティングを書き込む場合について説明しているが、ピコ秒レーザの照射により、若しくは
15 フェムト秒レーザのチャープピングによるピコ秒レーザの照射によりコアにグレーティングを書き込んでも本発明と同様の効果を奏する。また、保護被覆層を除去せずに干渉光を照射しているが、保護被覆層を除去して干渉光を照射してもよい。

産業上の利用の可能性

20 以上の説明から明らかなように、本発明のファイバグレーティングによれば、ゲルマニウムを含有しないシリカガラスから成るコア、例えば純石英ガラス、フッ素ドーブシリカガラス、ホウ素ドーブシリカガラス、リンドーブシリカガラスをコアとする光ファイバに対してグレーティングを書き込むことが可能になり、従来、不可能とされていた、ゲルマニウムを含有しないシリカガラスをコアとするファイバグレーテ
25 ィングを提供することができ、ひいては紫外光用のファイバグレーティングを提供することができる。また、光学系の調整によりグレーティングの周期を容易に変えることができることから、屈折率の周期が100nm～1μm程度のいわゆる長周期のファイバグレーティングを提供することができる。さらに、本発明のファイバグレーティングの作製方法によれば、1パルスのフェムト秒レーザの照射によりグレーティン

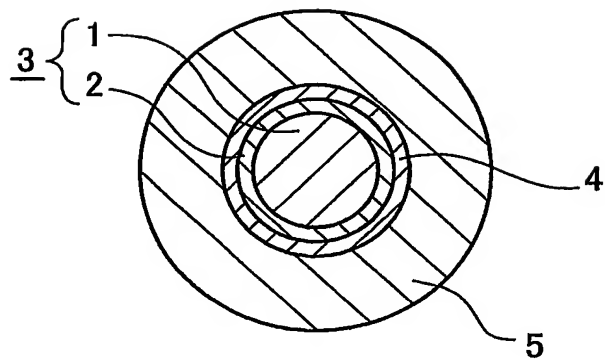
- グの書き込みができることから、光ファイバの紡糸中にオンラインでグレーティングの書き込みを行なうことができ、また、書き込みに使用する光源として、保護被覆層に対して透過率の高いフェムト秒レーザを使用していることから、光ファイバ心線の保護被覆層を除去することなくグレーティングの書き込みを行なうことができ、ひいてはリコートが不要で、強度劣化を生じないファイバグレーティングを提供することができる。
- 5

請求の範囲

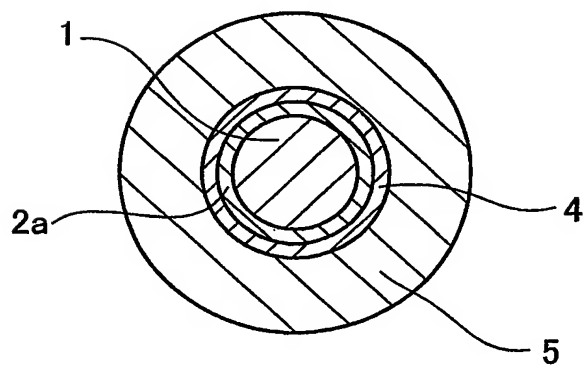
1. ゲルマニウムを含有しないシリカガラスから成るコアの外周にクラッドを備え、
前記コアには、フェムト秒レーザまたはピコ秒レーザの照射によりグレーティング
が書き込まれていることを特徴とするファイバグレーティング。
- 5 2. 前記コアは、100～1000 ppmのフッ素が含有されているシリカガラスで
形成されていることを特徴とする請求項1記載のファイバグレーティング。
3. 前記クラッドは、1000～7000 ppmのフッ素が含有されているシリカガ
ラス、または2000～10000 ppmのホウ素が含有されているシリカガラスで
形成されていることを特徴とする請求項1又は請求項2記載のファイバグレーティ
10 グ。
4. 前記クラッドは、紫外線透過樹脂で形成されていることを特徴とする請求項1又
は請求項2記載のファイバグレーティング。
5. 前記クラッドは、光軸に平行な複数の中空孔を備えることを特徴とする請求
項1乃至請求項4の何れか1項記載のファイバグレーティング。
- 15 6. 前記クラッドの外周に保護被覆層を備えることを特徴とする請求項1乃至請
求項5の何れか1項記載のファイバグレーティング。
7. ゲルマニウムを含有しないシリカガラスから成るコアの外周にクラッドを備え
る光ファイバに対し、コヒーレントな2つのフェムト秒レーザまたはピコ秒レーザを
干渉させて生じた干渉光を照射することにより、前記コアにグレーティングを書き込
20 むことを特徴とするファイバグレーティングの作製方法。
8. 前記クラッドの外表面に平坦部が設けられ、前記平坦部に前記干渉光が照射
されることを特徴とする請求項7記載のファイバグレーティングの作製方法。
9. 前記クラッドの外周に保護被覆層が設けられ、前記保護被覆層の外側から前
記干渉光が照射されることを特徴とする請求項7又は請求項8記載のファイバグ
25 レーティングの作製方法。

1/5

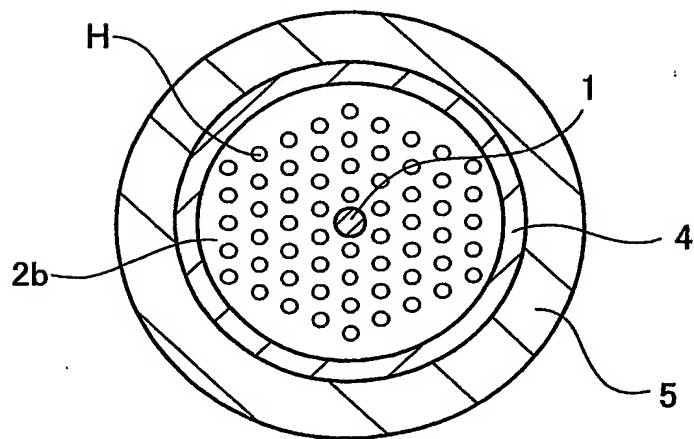
第 1 図



第 2 図

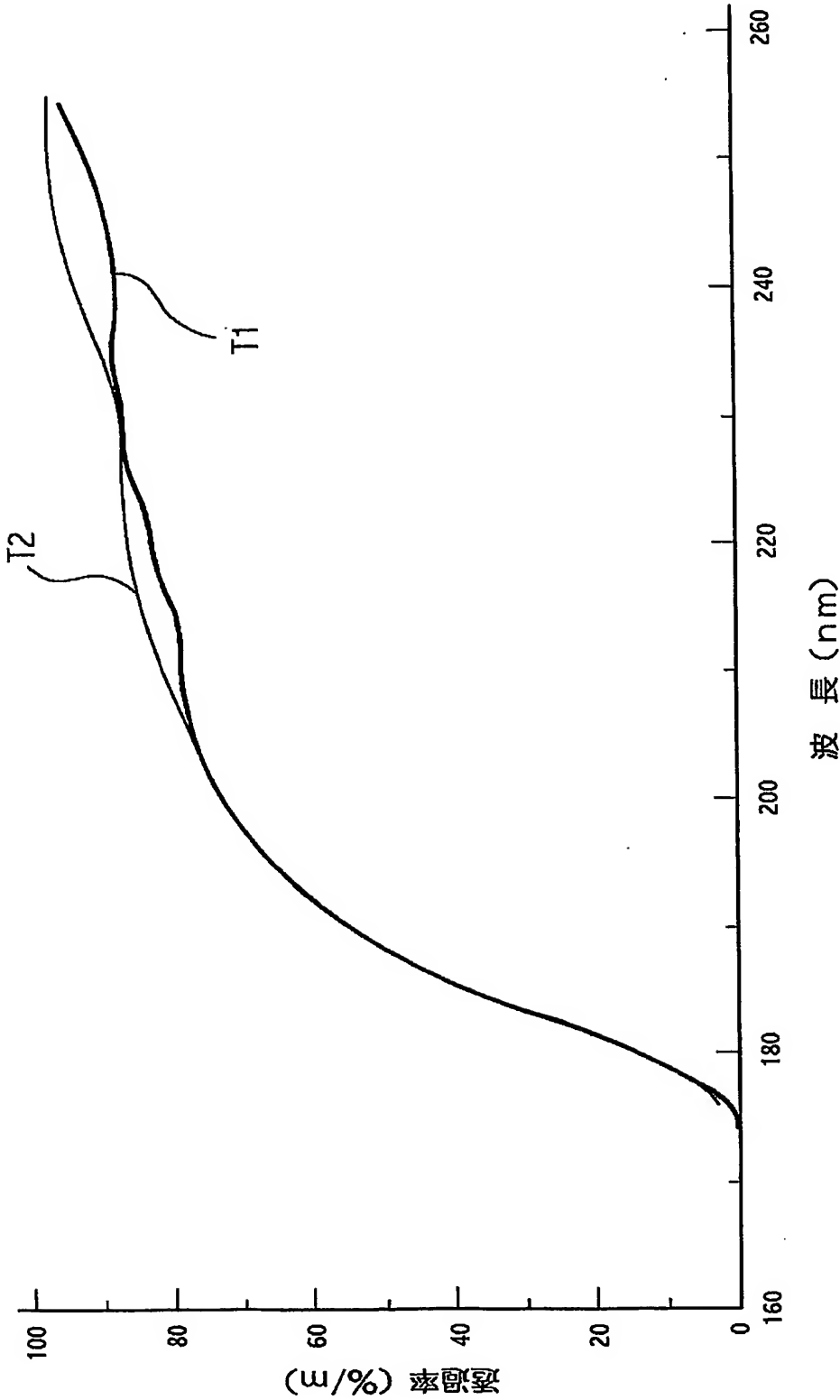


第 3 図



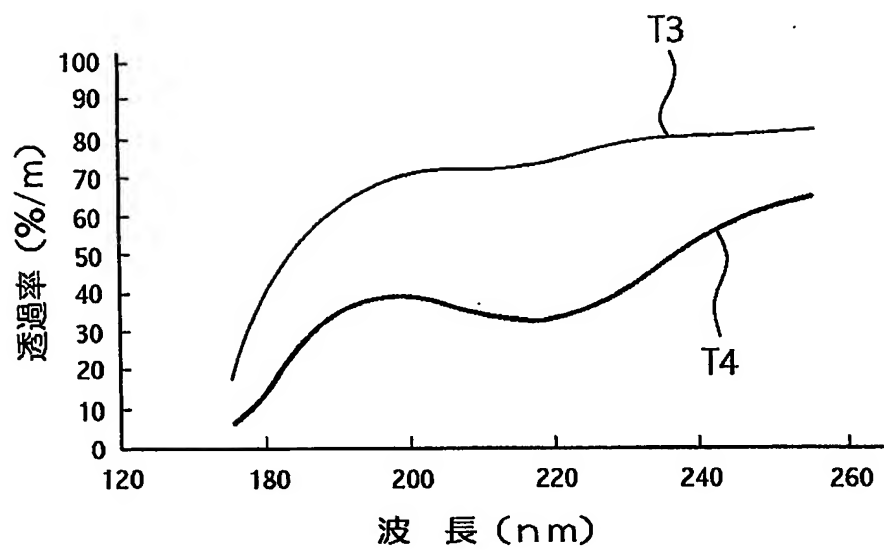
2/5

第 4 図

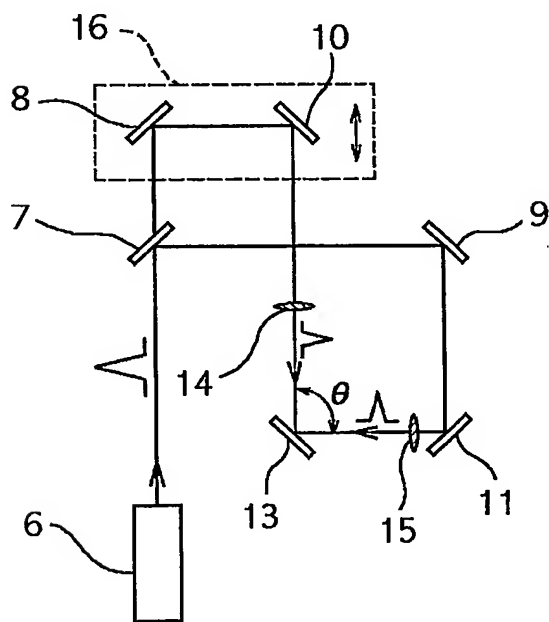


3/5

第 5 図

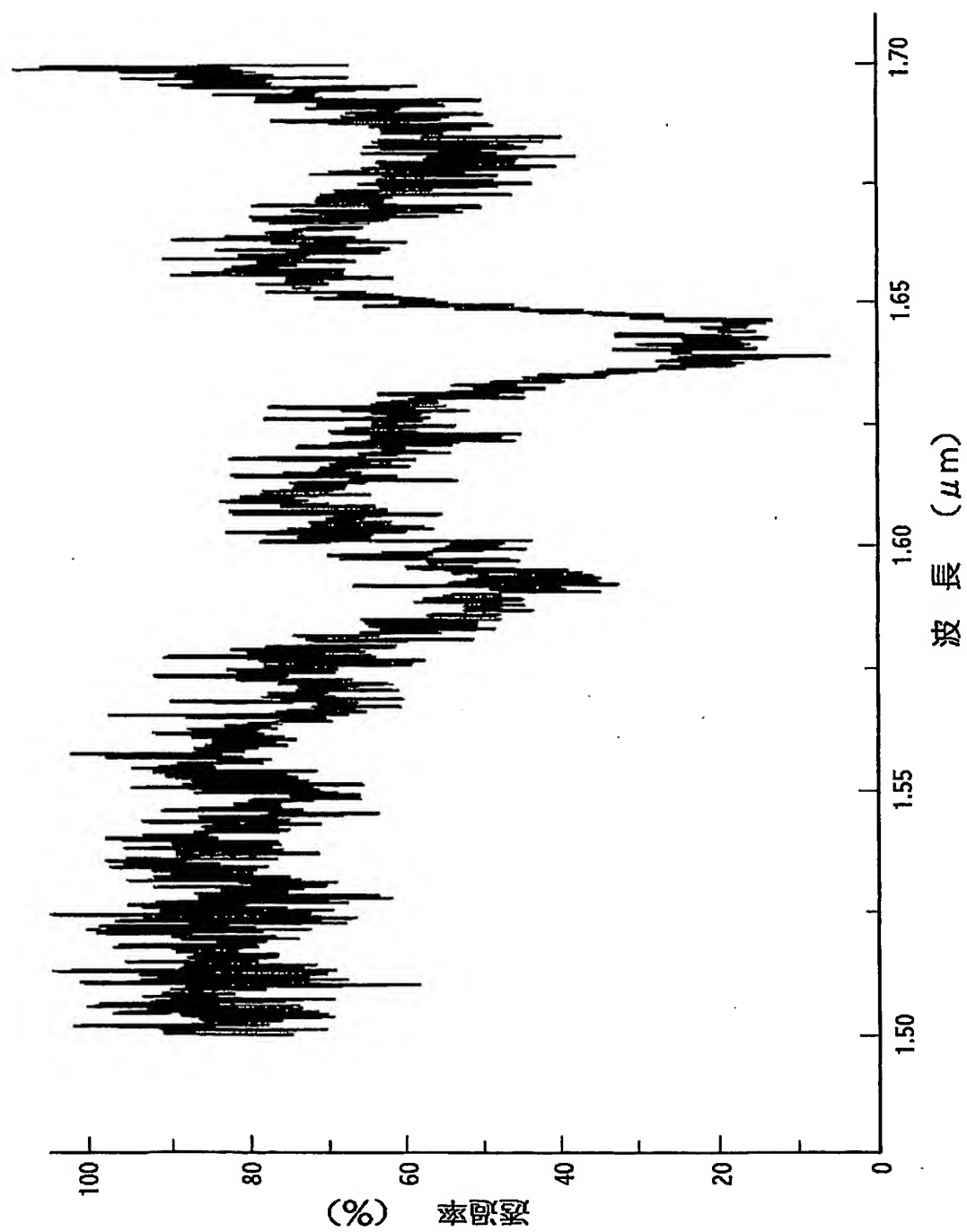


第 6 図



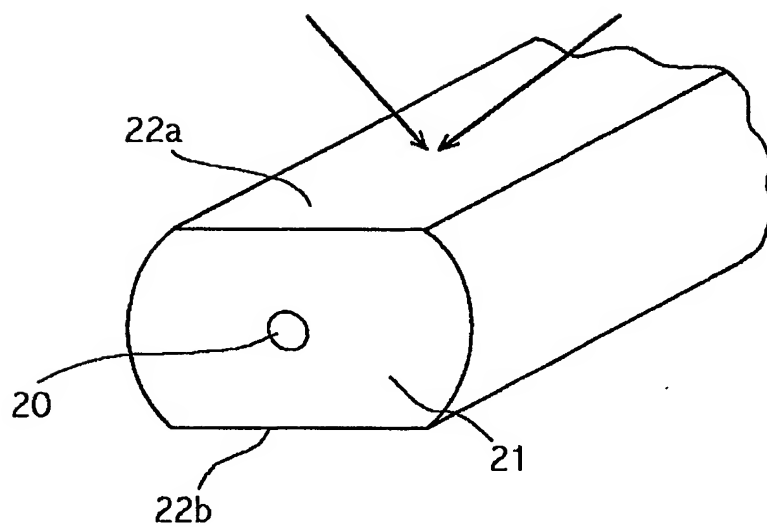
4/5

第 7 図

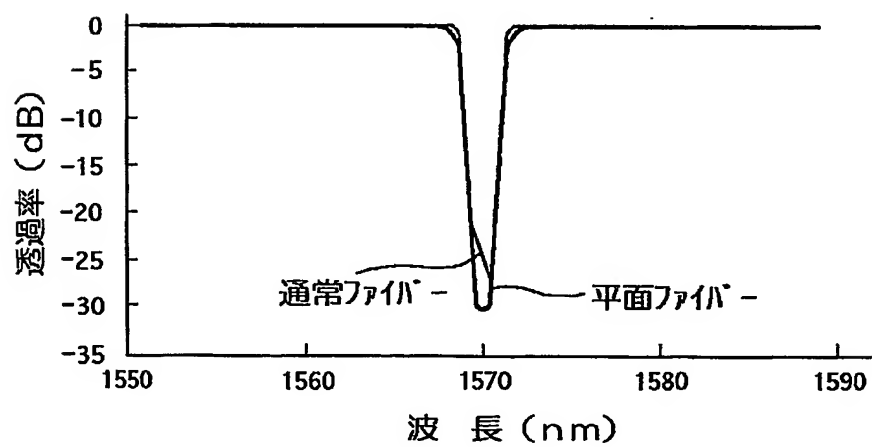


5/5

第 8 図



第 9 図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP03/05260

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ G02B6/10, G02B6/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ G02B6/10, G02B6/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2001/21293 A1 (Hikaru KOUTA, Yutaka URINO), 13 September, 2001 (13.09.01), Full text; all drawings; particularly, Claims 1, 18, 19, 26	1
Y	Full text; all drawings; particularly, Claims 1, 18, 19, 26 & JP 2001-311847 A	2-9
X	JP 2001-324634 A (Nippon Sheet Glass Co., Ltd.), 22 November, 2001 (22.11.01), Full text; all drawings; Par. Nos. [0007], [0023] to [0029]	1
Y	Full text; all drawings; Par. Nos. [0007], [0023] to [0029] (Family: none)	2-9

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not
considered to be of particular relevance
"E" earlier document but published on or after the international filing
date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is
cited to establish the publication date of another citation or other
special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other
means
"P" document published prior to the international filing date but later
than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or
priority date and not in conflict with the application but cited to
understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be
considered novel or cannot be considered to involve an inventive
step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be
considered to involve an inventive step when the document is
combined with one or more other such documents, such
combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
28 July, 2003 (28.07.03)

Date of mailing of the international search report
12 August, 2003 (12.08.03)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/05260

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	Hiroki KONDO et al., "Femto byo Laser ni yoru Choshuki Fiber Grating", 1999 nen Shunki Dai 46 kai Oyo Butsurigaku Kankei Rengo Koenkai Koen Yokoshu, 28 March, 1999 (28.03.99), separate Vol. 3, page 1238	1
Y	Full text; all drawings	2-9
	KONDO, Yuki et al., Fabrication of long-period fiber gratings by focused irradiation of infrared femtosecond laser pulses. In: OPTICS LETTERS, (US), 15 May, 1999 (15.05.99), Vol.24, No.10, pages 646 to 648	
X	Full text; all drawings; particularly, page 648, right column	1
Y	Full text; all drawings; particularly, page 648, right column	2-9
Y	JP 5-147966 A (Shin-Etsu Chemical Co., Ltd., Mitsubishi Cable Industries, Ltd.), 15 June, 1993 (15.06.93), Full text; all drawings; particularly, examples (Family: none)	2,3
Y	JP 1-126602 A (Asahi Glass Co., Ltd.), 18 May, 1989 (18.05.89), Full text; all drawings; particularly, page 5, upper right column, lines 1 to 12 (Family: none)	4
Y	US 5802236 A (LUCENT TECHNOLOGY INC.), 01 September, 1998 (01.09.98), Full text; all drawings & JP 10-95628 A & EP 810453 A1 & DE 69707201 D	5
Y	US 5983673 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.), 16 November, 1999 (16.11.99), Full text; all drawings; particularly, column 13, lines 12 to 27 & CN 1209420 A & EP 879799 A2 & KR 98087087 A & JP 2000-103629 A	6
Y	WO 86/01303 A1 (UNITED TECHNOLOGIES CORP.), 27 February, 1986 (27.02.86), Full text; all drawings & DE 3586052 D & JP 62-500052 A & US 4725110 A	7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/05260

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 10-82919 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 31 March, 1998 (31.03.98), Full text; all drawings; particularly, Claims; Fig. 4 (Family: none)	7, 9
Y	JP 8-240729 A (The Furukawa Electric Co., Ltd.), 17 September, 1996 (17.09.96), Par. No. [0003] (Family: none)	8
Y	US 5620495 A (LUCENT TECHNOLOGIES INC.), 15 April, 1997 (15.04.97), Full text; all drawings & JP 9-113741 A & EP 762158 A1	9
A	US 6220059 B1 (HERAEUS QUARZGLAS GMBH, SHINETSU QUARTZ PRODUCTS CO., LTD.), 24 April, 2001 (24.04.01), Full text; all drawings & JP 9-309742 A & EP 780707 A1 & DE 19547904 A	3

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G02B6/10, G02B6/20

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G02B6/10, G02B6/20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公案 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	US 2001/21293 A1 (HIKARU KOUTA, YUTAKA URINO) 2001.09.13 全文, 全図 (特に、Claim 1, 18, 19, 26) 全文, 全図 (特に、Claim 1, 18, 19, 26) & JP 2001-311847 A	1 2-9

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 28.07.03

国際調査報告の発送日 12.08.03

国際調査機関の名称及びあて先
 日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)
 門田 かつよ
 電話番号 03-3581-1101 内線 3253

C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	JP 2001-324634 A (日本板硝子株式会社) 2001. 11. 22 全文, 全図 (段落番号【0007】, 【0023】 - 【0029】) 全文, 全図 (段落番号【0007】, 【0023】 - 【0029】) (ファミリーなし)	1 2-9
X Y	近藤裕己ほか, “フェムト秒レーザによる長周期ファイバグレーティング”, 1999年春季第46回応用物理学関係連合講演会講演予稿集, 1999. 03. 28, 第3分冊, p. 1238 全文, 全図 全文, 全図	1 2-9
X Y	KONDO, Yuki et al., Fabrication of long-period fiber gratings by focused irradiation of infrared femtosecond laser pulses. In: OPTICS LETTERS, (US), 15 May 1999, Vol. 24, No. 10, p. 646-648 全文, 全図 (特に、第648頁右欄) 全文, 全図 (特に、第648頁右欄)	1 2-9
Y	JP 5-147966 A (信越化学工業株式会社, 三菱電線工業株式会社) 1993. 06. 15 全文, 全図 (特に、【実施例】) (ファミリーなし)	2, 3
Y	JP 1-126602 A (旭硝子株式会社) 1989. 05. 18 全文, 全図 (特に、第5頁右上欄第1-12行) (ファミリーなし)	4
Y	US 5802236 A (LUCENT TECHNOLOGY INC.) 1998. 09. 01 全文, 全図 & JP 10-95628 A & EP 810453 A1 & DE 69707201 D	5
Y	US 5983673 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 1999. 11. 16 全文, 全図 (特に、第13欄第12-27行) & CN 1209420 A & EP 879799 A2 & KR 98087087 A & JP 2000-103629 A	6
Y	WO 86/01303 A1 (UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION) 1986. 02. 27 全文, 全図 & DE 3586052 D & JP 62-500052 A & US 4725110 A	7

C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 10-82919 A (住友電気工業株式会社) 1998. 03. 31 全文, 全図 (特に、特許請求の範囲, 図4) (ファミリーなし)	7, 9
Y	JP 8-240729 A (古河電気工業株式会社) 1996. 09. 17 段落番号【0003】 (ファミリーなし)	8
Y	US 5620495 A (LUCENT TECHNOLOGIES INC.) 1997. 04. 15 全文, 全図 & JP 9-113741 A & EP 762158 A1	9
A	US 6220059 B1 (HERAEUS QUARZGLAS GMBH, SHINETSU QUARTZ PRODUCTS CO., LTD.) 2001. 04. 24 全文, 全図 & JP 9-309742 A & EP 780707 A1 & DE 19547904 A	3